



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 54 812 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>8</sup>  
**G 01 C 9/24**

⑦ Aktenzeichen: 198 54 812.5  
② Anmeldetag: 27. 11. 98  
③ Offenlegungstag: 26. 8. 99

**DE 198 54 812 A 1**

⑥ Innere Priorität:  
197 53 582. 8 03. 12. 97

⑦ Anmelder:  
Ricklefs, Ubbo, Prof.Dr.-Ing., 35753 Greifenstein, DE

⑦A Vertreter:  
Jeck . Fleck . Herrmann Patentanwälte, 71665  
Vaihingen

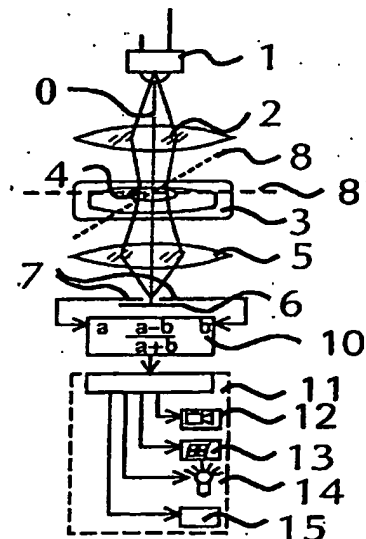
⑦B Erfinder:  
Ricklefs, Ubbo, Prof. Dr.-Ing., 35753 Greifenstein,  
DE; Bräuer, Dietrich, 57567 Daaden, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤A Winkelmeßvorrichtung zum Erfassen von Winkelabweichungen gegenüber einer Bezugslage

⑤B Die Erfindung bezieht sich auf eine Winkelmeßvorrichtung zum Erfassen von Winkelabweichungen gegenüber einer Bezugslage mit einer in einem Träger angeordneten, in der Bezugslage horizontal ausgerichteten Libelle (3), die mit einer optisch transparenten Flüssigkeit gefüllt ist und in die eine Gasblase (4) eingebracht ist. Eine einfach aufgebaute, leicht handhabbare und genau arbeitende Winkelmeßvorrichtung wird dadurch erhalten, daß der Träger eine die Libelle (3) beleuchtende Beleuchtungseinheit (1) sowie eine deren von der Libelle (3) kommende, von der Gasblase (4) beeinflusste Licht aufnehmende photoelektrische Empfangseinheit (6) trägt, und daß eine Auswerteeinheit (10) vorgesehen ist, die auf der Grundlage der von der Empfangseinheit (6) gelieferten Meßsignale die Winkelabweichung oder Übereinstimmung relativ zu der Bezugslage bestimmt und an eine Ausgabeeinheit (11, 12, 13, 14, 15) zur optischen und/oder akustischen und/oder elektrischen Anzeige abgibt (Fig. 1).



**DE 198 54 812 A 1**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Winkelmeßvorrichtung zum Erfassen von Winkelabweichungen gegenüber einer Bezugslage mit einer in einem Träger angeordneten, in der Bezugslage horizontal ausgerichteten Libelle, die mit einer optisch transparenten Flüssigkeit gefüllt ist und in die eine Gasblase eingebracht ist.

In vielen Bereichen des täglichen Gebrauchs werden Wasserwaagen, Neigungs- und Winkelmeßeinrichtungen eingesetzt. Am häufigsten werden sicherlich Libellen in Wasserwaagen zur Findung der Horizontalen verwendet. Bei der Messung wird die Lage einer Blase in der Libelle rein visuell überprüft. Diese Libellen werden in großen Stückzahlen gefertigt und sind auch dementsprechend preiswert. Bekannte elektronische Sensoren verwenden üblicherweise Kapazitätsmeßverfahren, die aber zu teuer sind, um allgemein einsetzbar zu sein.

Aus der Patentschrift DE 44 29 646 A1 ist ein Verfahren bekannt, das für die Detektion der Lage eines Gegenstandes eine Libelle verwendet, wobei die Position des Schwimm-elementes über eine Lichtschrankeneinheit ausgelesen wird. Bei diesem Verfahren wird nur ein Empfänger verwendet.

Strahlungsempfindliche Empfänger zeigen ebenso eine Abhängigkeit ihrer Empfindlichkeit wie Lichtquellen eine Abhängigkeit des Strahlungsstroms von der Temperatur. Würden zwei Empfänger verwendet, so könnte durch Differenzbildung der Photoempfangersignale diese Änderung dann kompensiert werden, wenn beide Empfänger den gleichen Temperaturgang vorweisen würden. Dies ist leider selbst bei baugleichen Empfängern in der Regel nicht der Fall. Hält man die Temperatur konstant, so ist das beschriebene Verfahren mit zwei Empfängern vorteilhaft anzuwenden. Ohne zusätzlichen Aufwand (Temperaturmessung, Kennlinienaufnahme und Korrektur der Kennlinien oder Temperaturstabilisierung) ist dieses Verfahren jedoch nicht in der Lage über einen größeren Temperaturbereich zufriedenstellend zu arbeiten.

Aus der Patentschrift DE 44 38 557 A1 ist eine Vorrichtung für die Detektion von Neigungswinkeln bekannt. Die Vorrichtung verwendet keine Libelle, sondern halb gefüllte Behälter und Mehrfachlichtschranken für die Bestimmung der Winkellage der Flüssigkeit im Behälter. Die Anordnung ist nicht symmetrisch gewählt. Änderungen der Temperatur führen wieder zu Änderungen der Daten von Lichtquelle und Photodioden. Zusätzlich ändert sich aber auch das Volumen der Flüssigkeit mit der Temperatur. Bei nicht horizontaler Ausrichtung führt die Ausdehnung der Flüssigkeit dazu, daß ein zusätzlicher Teil der Empfängerflächen durch die Flüssigkeit abgedeckt wird. Bei Verwendung nur einer Lichtquelle können durch Differenzbildung der Photodiodensignale diese Änderungen dann kompensiert werden, wenn in der Nullposition beide Photodioden das gleiche Signal liefern (kein elektronischer Nullabgleich). In der Regel stimmt aber die horizontale Ausrichtung nicht mit der Anzeige überein. Ursachen hierfür sind wieder die unterschiedlichen Strahlungsempfindlichkeiten der Empfänger und deren unterschiedlicher Temperaturgang selbst bei Baugleichheit, sowie Fertigungstoleranzen. Ein elektronischer Abgleich könnte nicht verhindern, daß sich der Nullpunkt mit der Temperatur ändern würde.

Die Aufgabe der Entwicklung besteht darin, eine einfache, kostengünstig und mit großen Fertigungstoleranzen herstellbare Winkelmeßvorrichtung zu schaffen, die dennoch über einen großen Temperaturbereich einsetzbar, leicht bedienbar und genau ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Träger eine die Libelle beleuchtende Beleuchtungseinheit sowie eine deren

von der Libelle kommenden, von der Gasblase beeinflusstes Licht aufnehmende photoelektrische Empfangseinheit trägt, daß die Beleuchtungseinheit auf der optischen Achse der Anordnung, die bei horizontaler Ausrichtung der Libelle durch die Symmetrieachse der Luftblase senkrecht zur horizontalen Richtung festgelegt ist, über/unter der Gasblase der Libelle angeordnet ist, daß die photoelektrische Empfangseinheit gepaarte photoempfindliche Empfänger mit mindestens zwei Einzelempfängern oder integrierten Mehrquadrantenempfängern (Differenzdioden) besitzt, die für jeden der Empfänger eines verwendeten Empfängerpaares jeweils eine vergleichbare Empfindlichkeit sowie eine vergleichbare Änderung der Empfindlichkeit mit der Temperatur aufweisen, oder daß die photoelektrische Empfangseinheit eine oder mehrere positionsempfindliche Dioden besitzt und daß die gepaarten photoelektrischen Empfänger/positionsempfindlichen Dioden der Empfangseinheit symmetrisch zur optischen Achse angeordnet sind.

Vorteilhaft ist der optische Aufbau zur Bestimmung der Lage der Blase symmetrisch zur optisch wirksamen Achse angeordnet, so daß sich auftretende Abbildungsfehler, wie sie die von Temperatur und Fertigungstoleranz abhängige Blasenlänge erzeugt, auf das Meßergebnis praktisch nicht auswirken. Durch Anordnung der Empfänger symmetrisch zur optischen Achse erzeugen diese Fehler Signaländerungen, die nahezu symmetrisch zur optischen Achse sind. Der Einfluß der exemplarabhängigen Änderung der Empfindlichkeit der Empfänger mit der Temperatur wird mit den gepaarten Empfängern oder positionsempfindlichen Dioden beseitigt. Betrachtet man nur die relativen Signalanteile, so kompensieren sich die Einzelfehler nahezu vollständig. Zur Bestimmung der Horizontalen und für kleine Meßwinkel ist eine Temperaturkompensation dann nicht mehr notwendig.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger besonders vorteilhafter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

Gemäß Fig. 1 wird der Chip einer Leuchtdiode 1 (LED) über den Glaskörper der LED und eine zusätzliche Linse 2 leicht kollimiert auf die Libelle 3 abgebildet. Da die Lichtausbeute bei Infrarot abstrahlenden LEDs besonders hoch ist, kann es sinnvoll sein, diese LEDs zu wählen. Die Gasblase 4 der Libelle 3 wirkt wie eine Negativlinse. Durch eine weitere Linse 5 wird auf der Empfängeranordnung 6 ein Lichtfleck erzeugt. In der dargestellten Anordnung hat die Libelle 3 Tonnengestalt. Dadurch wird der Lichtfleck länglich. Die Lage dieses Fleckes läßt sich durch eine einfache Anordnung aus zwei Dioden 7 bestimmen. Ist die Libelle horizontal ausgerichtet, so befindet sich der Lichtfleck genau auf dem Zwischenraum zwischen den Dioden 7. Die Meßsignale der Dioden 7 werden mit der Auswerteeinheit 10 subtrahiert und durch das Summensignal der Dioden dividiert. Eine Anzeigeeinheit 11 gibt bei Erreichen der Horizontalen ein akustisches Signal 12 oder ein optisches Signal 14 ab. Weiterhin wird der Winkel gegen die Horizontale über eine digitale Anzeige 13 und die Ausgabe eines elektrischen Signals 15 angezeigt. Als Dioden 7 sind nach ihrem Temperaturgang gepaarte Dioden gewählt. Da das Auswählen der Dioden teuer ist, ist es günstig Differenzdioden zu verwenden, die auf einem Substrat integriert sind.

Wie Fig. 2 zeigt, wird die Lage des Fleckes bei großflächigen Photodioden verschoben, wenn die Libelle 3 um ihre Längsachse 8 verdreht wird. Der relative Anteil der Signale der einzelnen Dioden 7 bleibt dabei aber erhalten. Bei kleinen Winkeln der Libelle 3 gegen die Horizontale ist die Differenz der Photosignale von null verschieden und kann als

Maß für den Winkel genommen werden. Die Anordnung der beiden Dioden 7 kann auch durch eine positionsempfindliche Diode ersetzt werden. Die beiden Teilsignale dieser Diode können wieder subtrahiert und durch das Summensignal dividiert werden. Bei Auslenkung um kleine Winkel ist das Ergebnis von null verschieden. Insbesondere, wenn nur die Horizontalenrichtung gefunden werden soll, kann auf die Division verzichtet werden, ohne dadurch größere Meßfehler zu verursachen.

In Fig. 3 ist eine linsenförmige Libelle 3 dargestellt. Der Aufbau ähnelt dem in Fig. 1. Die Abbildung liefert aber einen kreisförmigen Lichtfleck auf der Empfangseinheit. Werden vier Einzeldioden 7 gewählt, dann ist die dargestellte Anordnung vorteilhaft. In der horizontalen Ausrichtung der Libelle 3 zu den angedeuteten Meßachsen befindet sich der Lichtfleck genau in der Mitte zwischen den Dioden 7. Bei der Neigung um eine der Meßachsen 8, 8' verschiebt sich der Schwerpunkt des Lichtflecks auf eine der Dioden 7. Aus der Differenz der diagonal zueinander angeordneten Dioden 7 kann auf die Neigung um die Meßachse senkrecht zu den Dioden 7 geschlossen werden. Dargestellt ist eine mögliche Auswertung für die Winkelbestimmung bei Drehung um die Achse 8. Ersetzt man die vier Einzeldioden durch eine zweiseitige positionsempfindliche Diode, so gilt hier Entsprechendes.

Wie Fig. 4 zeigt, läßt sich die Lage der Gasblase 4 mit einer Kamera 9 hochgenau bestimmen, indem z. B. der Fleck direkt auf den Empfänger abgebildet oder die Blase durch eine Optik auf den Empfänger abgebildet wird. Die Auswerteeinheit 10 besteht dann aus einer Bildverarbeitung, mit der sich der Schwerpunkt des Flecks oder der Blase bestimmen und die Verlagerung ermitteln läßt.

Wie Fig. 5 zeigt, führt auch eine unscharfe Abbildung, bei der auf weitere abbildende Linsen völlig verzichtet wird, zu befriedigenden Ergebnissen. Als Lichtquelle 1 wird eine diffus abstrahlende Oberflächen-LED verwendet, die die Libelle 3 gleichmäßig ausleuchtet.

In Fig. 6 ist eine besonders vorteilhafte Anordnung von Beleuchtungseinheit 1 (LED) und Empfängern in Reflexion dargestellt. Die diffus emittierende LED befindet sich unmittelbar unter der Gasblase 4 der Libelle 3. Die Photodioden 7 befinden sich symmetrisch zur LED unter der Blase und detektieren das an der Blase reflektierte Licht. Diese Anordnung zeichnet sich durch den extrem kompakten Aufbau aus.

Fig. 7 zeigt eine andere Möglichkeit, die darin besteht, die Lage des Schattens zu detektieren, den die Blase 4 in den Randbereichen hervorruft. Verlagert sich die Blase, verlagert sich auch die Lage des Schattens 16.

Ein besonderer Vorteil der Meßanordnung nach Fig. 6 besteht darin, daß sich Sender und Empfänger auf der gleichen Seite der Libelle 3 befinden. Damit wird die Verdrahtung sehr einfach. Eine weitere Möglichkeit, dies zu erreichen, zeigt die Meßvorrichtung gemäß Fig. 8 entsprechend Anspruch 15. Die Beleuchtungseinheit 1 in Form der Lichtquelle ist leicht versetzt neben der Empfängereinheit 6 angeordnet. Die Beleuchtungseinheit 1 beleuchtet eine reflektierende Fläche, die sich in etwa an der Stelle befindet, an der sonst die Lichtquelle angeordnet ist.

#### Patentsprüche

1. Winkelmeßvorrichtung zum Erfassen von Winkelabweichungen gegenüber einer Bezugslage mit einer in einem Träger angeordneten, in der Bezugslage horizontal ausgerichteten Libelle (3), die mit einer optisch transparenten Flüssigkeit gefüllt ist und in die eine Gasblase (4) eingebracht ist, wobei der Träger eine die

Libelle (3) beleuchtende Beleuchtungseinheit (1) sowie eine deren von der Libelle (3) kommendes, von der Gasblase (4) beeinflusstes Licht aufnehmende photoelektrische Empfangseinheit (6) trägt, dadurch gekennzeichnet,

daß die Beleuchtungseinheit (1) der Libelle auf der optischen Achse der Anordnung, die bei horizontaler Ausrichtung der Libelle durch die Symmetrieachse der Luftblase senkrecht zur horizontalen Richtung festgelegt ist, über/unter der Gasblase (4) der Libelle angeordnet ist,

daß die photoelektrische Empfangseinheit (6) gepaarte photoempfindliche Empfänger mit mindestens zwei Einzelempfängern oder integrierten Mehrquadrantenempfängern (Differenzdioden) besitzt, die für jeden der Empfänger eines verwendeten Empfängerpaares jeweils eine vergleichbare Empfindlichkeit sowie eine vergleichbare Änderung der Empfindlichkeiten mit der Temperatur aufweist, oder

daß die photoelektrische Empfangseinheit (6) eine oder mehrere positionsempfindliche Dioden besitzt und daß die gepaarten photoelektrischen Empfänger/positionsempfindlichen Dioden der Empfangseinheit (6) symmetrisch zur optischen Achse angeordnet sind.

2. Winkelmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswerteeinheit (10) vorgesehen ist, die auf der Grundlage der von der Empfangseinheit (6) gelieferten Meßsignale die Winkelabweichung oder Übereinstimmung relativ zu der Bezugslage bestimmt und an eine Ausgabereinheit (11, 12, 13, 14, 15) zur optischen und/oder akustischen und/oder elektrischen Anzeige abgibt.

3. Winkelmeßvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinheit (1) und/oder die Empfangseinheit (6) durch optische Bauteile (2, 5) an die Libelle (3) angepaßt ist (sind).

4. Winkelmeßvorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Libelle (3) tonnenförmig ausgeführt ist, wobei die Winkel um eine Meßachse (8) senkrecht zur Tonnenlängsachse und senkrecht zur optischen Achse (0) erfaßt werden können.

5. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinheit (1) und die Empfangseinheit (6) so zur Libelle (3) angeordnet sind, daß bei einer Drehung der Libelle (3) um die Längsachse die relativen Anteile der Meßsignale zueinander nahezu gleich bleiben.

6. Winkelmeßvorrichtung nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Libelle (3) linsenförmig ausgeführt ist und damit die Winkel um zwei unabhängige Meßachsen (8, 8') senkrecht zur optischen Achse (0) erfaßt werden können.

7. Winkelmeßvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinheit (6) orthogonale Basis-Meßachsen (8, 8') festlegt, so daß sich bei Neigung der Vorrichtung um eine dieser Meßachsen nur bei den zugehörigen Meßsignalen die relativen Signalanteile entsprechend ändern.

8. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinheit (6) durch großflächige Empfänger (7) gebildet ist, die jeweils paarweise symmetrisch zur optischen Achse (0) angeordnet sind, so daß sich bei einer Drehung der Vorrichtung um die Längsachse (8') die relativen Meßsignalanteile zueinander nicht ändern.

9. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die

Beleuchtungseinheit (1) so zur Libelle (3) angeordnet ist, daß auf der Empfangseinheit (6) ein heller Punkt oder Balken entsteht, der sich bei Neigung der Libelle (3) um die Meßachse/Meßachsen (8) verschiebt.

10. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinheit (6) so zur Beleuchtungseinheit (1) und zur Libelle (3) angeordnet ist, daß die Strahlung der Lichtquelle von der Blase teilweise abgeschattet wird und sich der Schatten bei Neigung der Meßachse/Meßachsen (8) verschiebt.

11. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinheit (6) durch eine Kamera (9) gebildet ist.

12. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgabereinheit (11) ein akustisches Signal (12) oder optisches Signal (14) abgibt, aus dem die Abweichung von der Horizontalen erkannt werden kann.

13. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgabereinheit ein optisches Signal (13) abgibt, aus dem der Winkel zur Horizontalen erkannt werden kann.

14. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgabereinheit (11) ein elektrisches Signal (15) abgibt, aus dem der Winkel zur Horizontalen erkannt werden kann.

15. Winkelmeßvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinheit (1) durch eine spiegelnde oder reflektierende Fläche ersetzt ist, über die das Licht einer Lichtquelle (16) in den Meßstrahlengang eingekoppelt wird.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

50

55

60

65

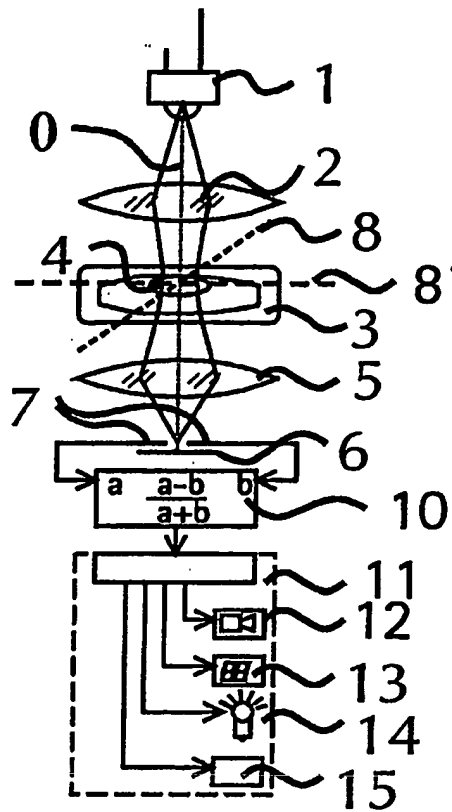


Fig. 1

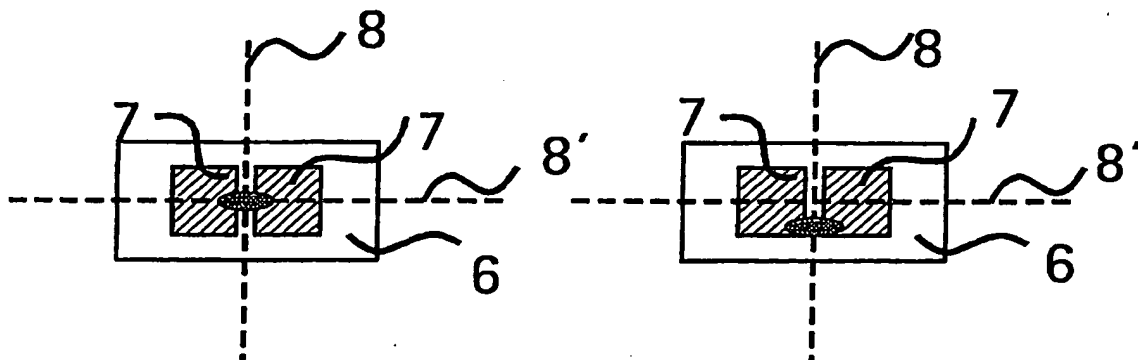


Fig. 2

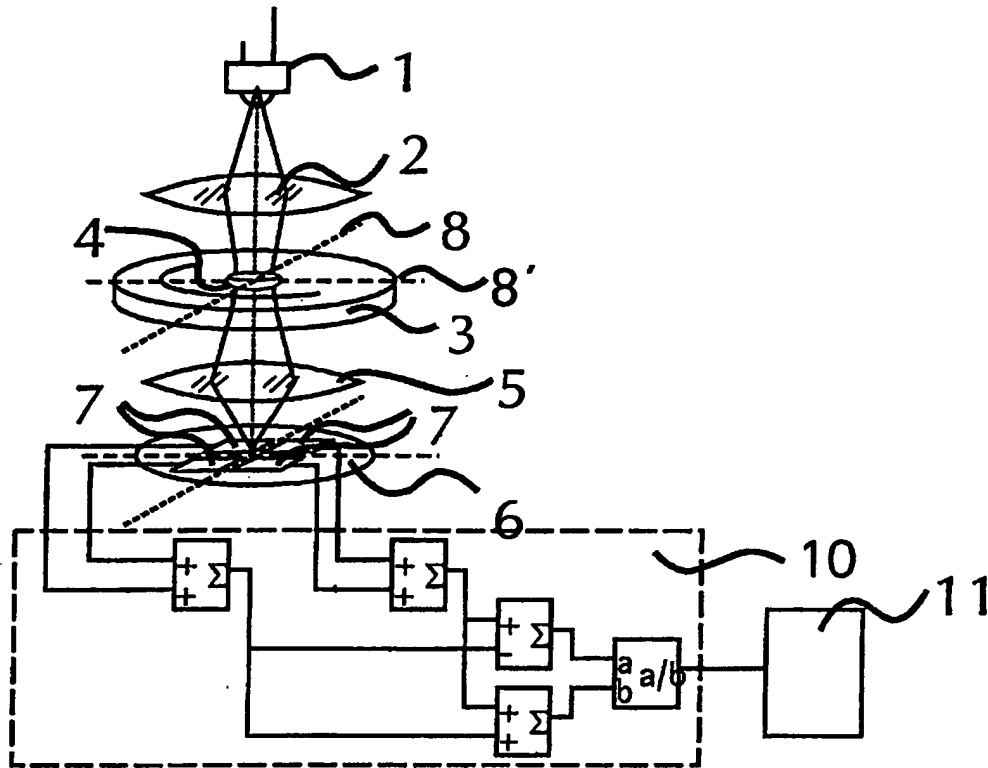


Fig. 3

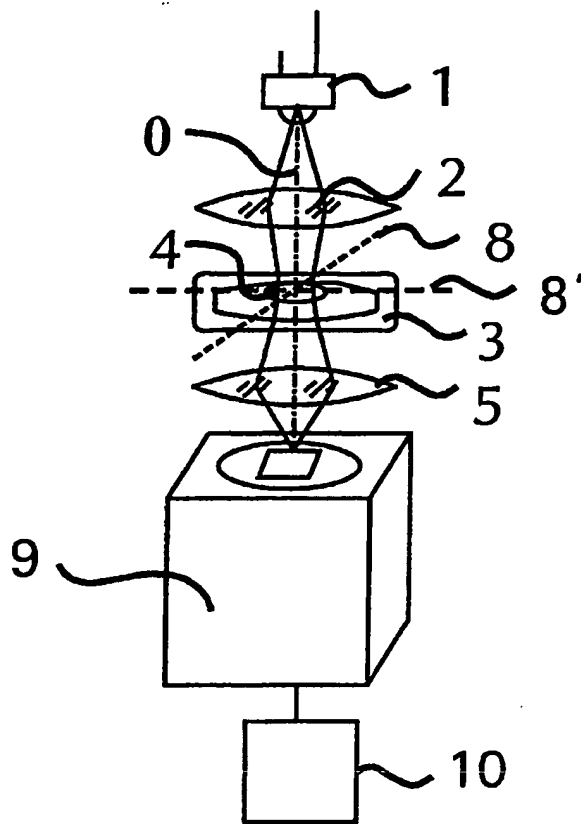


Fig. 4

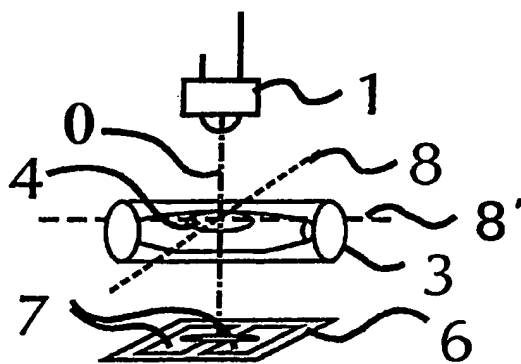


Fig. 5

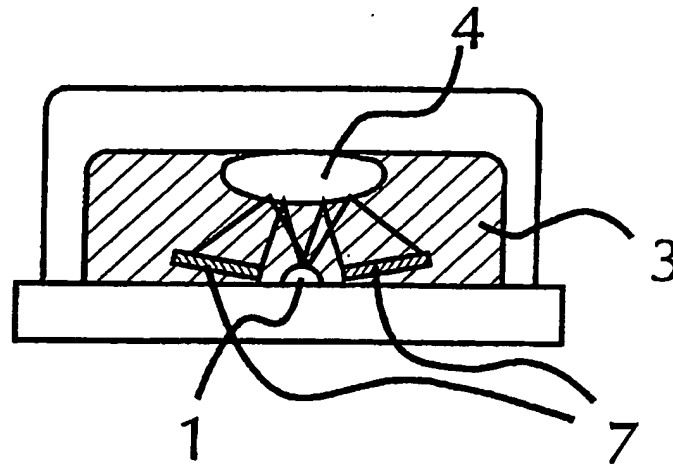


Fig. 6

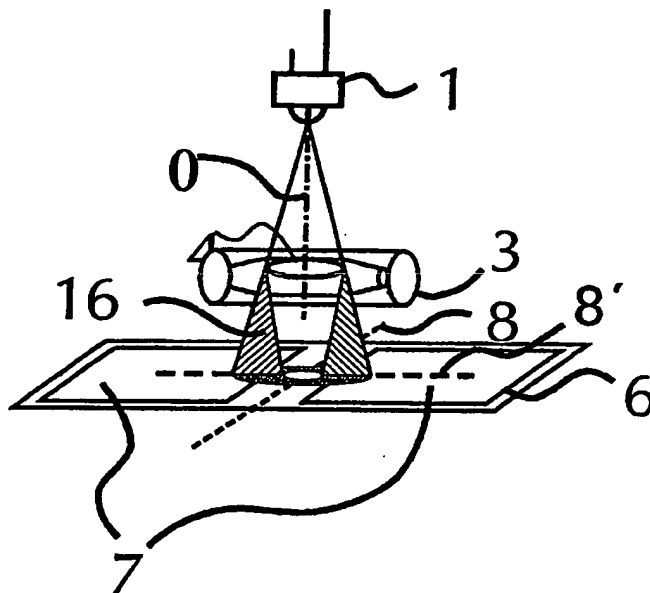


Fig. 7

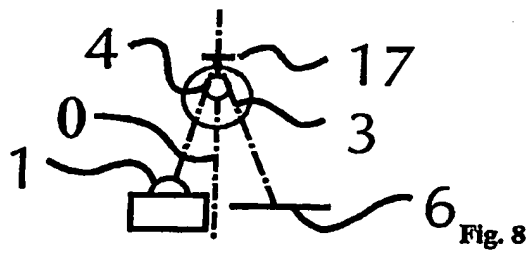


Fig. 8